

Analisis Risiko Kerusakan Mesin (*Downtime*) *Ripple Mill* Stasiun Kernel (Studi Kasus PT. Ujong Neubok Dalam)

Zulfahmi¹, Arie Saputra

^{1,2} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar Meulaboh
Alue Peunyareng, Ujong Tanoh Darat, Kec. Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, Aceh 23681
Email: zulfahmizul099@gmail.com, arie.saputra@utu.ac.id

ABSTRAK

Ketatnya persaingan dunia industri mengharuskan perusahaan memaksimalkan eksistensinya untuk memperoleh produk yang berkualitas maupun kuantitas. PT. Ujong Neubok Dalam (UND) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri kelapa sawit (PKS), salah satu perusahaan yang terletak di desa Ujong Lamie Kabupaten Nagan Raya. Jenis produk yang dihasilkan oleh PT. UND adalah *Crude Palm Oil* (CPO), dan *Palm Kernel Oil* (PKO). Dalam melaksanakan proses produksi, perusahaan sering mengalami risiko kegagalan pada mesin *ripple mill*. Salah satu risiko yang pernah terjadi adalah kerusakan pada komponen rotor bar 19 x 390 mengakibatkan mesin *ripple mill* mengalami *downtime* pada mesin. Selain itu *fall down* benda baik itu besi maupun peralatan ke dalam mesin *ripple mill* sehingga mengakibatkan mesin *ripple mill* tidak berfungsi secara efektif dan efisien. Dalam menyelesaikan permasalahan penulis menggunakan metode FMEA untuk mengidentifikasi risiko kegagalan dan menggunakan metode fishbone untuk mencari sebab akibat kejadian pada risiko. Hasil analisis FMEA berdasarkan nilai RPN didapatkan risiko prioritas adalah jatuh besi kedalam *ripple mill* dengan nilai RPN sebesar 504. Sebab akibat yang ditemukan berdasarkan hasil metode Fishbone adalah kurangnya perawatan pada mesin *ripple mill*, kurangnya pengawasan terhadap mesin *ripple mill*, metode pengoperasian mesin masih manual, dan layout penempatan mesin belum tertata rapi.

Kata Kunci: *Fishbone*, FMEA, Mesin, Risiko, *Ripple Mill*,

ABSTRACT

The tight competition in the industrial world requires companies to maximize their existence to obtain quality and quantity products. PT. Ujong Neubok Dalam (UND) is a company engaged in the palm oil industry (PKS), a company located in Ujong Lamie village, Nagan Raya Regency. The type of product produced by PT. UND is Crude Palm Oil (CPO), and Palm Kernel Oil (PKO). In carrying out the production process, companies often experience the risk of failure of the ripple mill machine. One of the risks that has occurred is damage to the 19 x 390 rotor bar component causing the ripple mill machine to experience machine downtime. In addition, the fall down of objects, both iron and equipment, into the ripple mill machine, resulting in the ripple mill machine not functioning effectively and efficiently. In solving the problem, the writer uses the FMEA method to identify the risk of failure and uses the fishbone method to find the cause and effect of events at risk. The results of the FMEA analysis based on the RPN value obtained that the priority risk is falling iron into the ripple mill with an RPN value of 504. The causes found based on the results of the Fishbone method are the lack of maintenance on the ripple mill machine, lack of supervision of the ripple mill machine, the machine operating method is still manual, and the layout of the engine placement has not been neatly arranged.

Keywords: *Fishbone*, FMEA, Machine, Risk, *Ripple Mill*

Pendahuluan

Ketatnya persaingan dunia industri mengharuskan perusahaan memaksimalkan eksistensinya untuk memperoleh produk yang berkualitas serta berkuantitas [1], [2]. Untuk mencapai hal tersebut, perusahaan harus mampu mendeteksi dan meminimalisir kerusakan-kerusakan yang terjadi pada mesin yang memberi gangguan proses produksi[3], [4]. Mesin *ripple mill* merupakan suatu mesin pabrik kelapa sawit yang

digunakan untuk memecahkan biji sawit agar terlepas dari cangkangnya[5]. Menurut ref [6], mesin *ripple mill* menjadi suatu mesin yang berperan penting dalam proses produksi, yang memanfaatkan gaya *sentrifugal* (menjauhi pusat putaran).

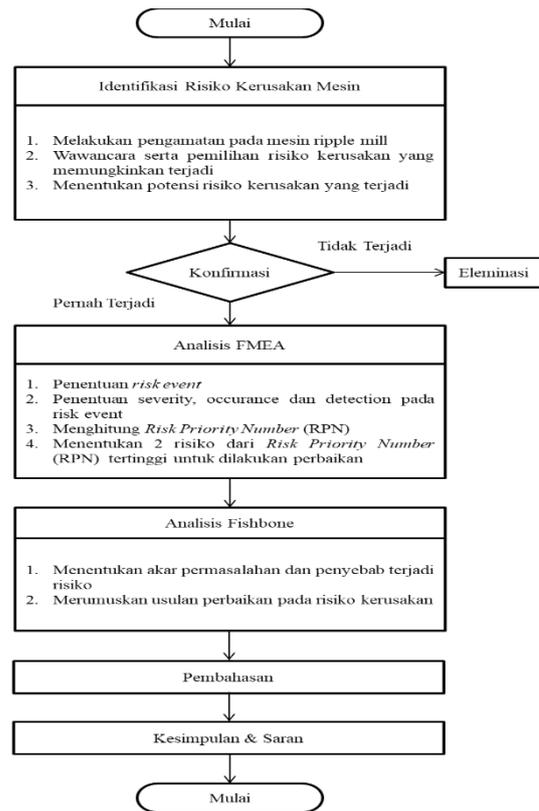
PT. Ujong Neubok Dalam (UND) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri kelapa sawit (PKS), salah satu perusahaan yang terletak di desa Ujong Lamie Kabupaten Nagan Raya. Jenis produk yang dihasilkan oleh PT.

UND adalah *Crude Palm Oil* (CPO), dan *Palm Kernel Oil* (PKO). Dalam proses pengolahan kelapa sawit, PT. UND memiliki beberapa stasiun pengolahan, yaitu stasiun tanda buah segar, stasiun sterilisasi, stasiun perontok, stasiun pengepresan, stasiun klarifikasi dan stasiun karnel, sedangkan mesin *ripple mill* terletak di stasiun karnel. Namun, dalam melaksanakan proses produksi PT UND sering mengalami risiko kegagalan pada mesin *ripple mill*. Salah satu risiko yang pernah terjadi pada mesin *ripple mill* adalah rusaknya komponen rotor bar 19 x 390 yang mengakibatkan mesin *ripple mill* mengalami *downtime* pada mesin. Banyaknya frekuensi kejadian *downtime* pada mesin *ripple mill* berdasarkan data perusahaan pada tahun 2021 adalah sebanyak 32 kali. Risiko lain yang terjadi pada mesin *ripple mill* adalah kejadian *fall down* benda baik itu besi maupun peralatan. Hal tersebut mengakibatkan mesin *ripple mill* tidak berfungsi secara efektif dan efisien.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis bertujuan untuk mengidentifikasi risiko-risiko yang terjadi pada mesin *ripple mill* menggunakan metode *Failure Mode And Effect analysis* (FMEA). Risiko yang telah diidentifikasi kemudian di cari sebab akibat menggunakan metode *Fishbone Diagram* untuk merumuskan perbaikan pada kegagalan mesin *ripple mill*. Penelitian sebelumnya oleh ref [7], [8], FMEA digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan pada mesin *screw press*. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode yang sama untuk mengidentifikasi mesin *ripple mill*. Selain itu, dalam penelitian ref [9], penggunaan metode fishbone digunakan pada risiko kecalakaan kerja, namun penulis menggunakan metode *Fishbone* untuk mencari sebab akibat risiko kerusakan mesin *ripple mill* pada proses produksi PKS untuk merumuskan perbaikan.

Metode Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan di PT Ujong Neubok Dalam, data yang diperoleh bersumber dari studi literature, hasil pengamatan dan wawancara bersama Supervisor *Maintenance*. Berikut merupakan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan untuk menganalisa risiko kerusakan pada *ripple mill*.



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

Sumber : Tahapan Penelitian (2022)

Berdasarkan Gambar 1 maka tahapan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Penelitian dimulai dari melakukan identifikasi kerusakan (*downtime*) yang dialami mesin *ripple mill*. Identifikasi tersebut dilakukan dengan mengamati proses kinerja mesin serta wawancara bersama Supervisor *maintenance* dan operator mesin untuk menemukan permasalahan pada mesin. Kemudian dari hasil pengamatan dan wawancara, maka ditentukan risiko yang memungkinkan menyebabkan kerusakan mesin *ripple mill*.
2. Analisis risiko kerusakan mesin dilakukan dari menentukan risk event. Risk event (Kejadian Risiko) terjadinya suatu peristiwa yang menciptakan potensi terjadinya kerugian (hasil buruk). Lalu kemudian menilai risiko berdasarkan severity, occurrence, dan detection untuk menentukan Risk Priority Number (RPN) pada setiap risiko.
3. Penilaian risiko berdasarkan Risk Priority Number (RPN) kemudian diranking dari tertinggi sampai terendah. 2 Risiko yang memiliki RPN tertinggi akan dilakukan analisis pencarian akar permasalahan dengan metode Fishbone diagram. Akar permasalahan yang akan ditemukan dari beberapa sisi-sisi yakni manusia, metode, lingkungan kerja dan mesin. Permasalahan yang telah ditemukan lalu dirumuskan alternatif perbaikan.

Analisi Data Metode FMEA

FMEA merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui atau mengamati apakah suatu tingkat kegagalan dapat dianalisis atau diukur sehingga suatu kegagalan dapat diantisipasi dan diminimalisakan sehingga efek negatif dari kegagalan tersebut dapat dikendalikan[10], [11]. FMEA memberikan tiga kriteria bagi setiap masalah yang terjadi yaitu kriteria Severity, Occurrence dan Detection, ketiga kriteria ini kemudian membentuk yang namanya *Risk Priority Number* (RPN) yaitu dengan formulasi $S \times O \times D = RPN$, dimana semakin tinggi RPN maka semakin tinggi dampak masalah terhadap kualitas produk atau proses sehingga penanganannya harus disegerakan[12]. menurut ref [13] dalam penelitian ref[14], definisi dan skala dari *severity*, *occurrence* dan *detection* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Severity

Severity merupakan rating atau tingkat yang mengacu pada seriusnya dampak dari suatu potensial failure mode.

Tabel 1. Skala *Severity*

Rating	Effect	Severity Effect
10	<i>Hazardous without warning</i>	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi <i>system safety</i> tanpa peringatan ,
9	<i>Hazardous with warning</i>	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi <i>system safety</i> dengan peringatan. Sistem tidak dapat beroperasi dengan kegagalan
8	<i>Very high</i>	menyebabkan kerusakan tanpa membahayakan keselamatan
7	<i>High</i>	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan peralatan.
6	<i>Moderate</i>	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil.
5	<i>Low (L)</i>	Sistem tidak dapat beroperasi tanpa kerusakan.
4	<i>Very Low</i>	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami

		penurunan secara signifikan.
3	Minor	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami beberapa penurunan.
2	Very Minor	Sistem dapat beroperasi dengan sedikit gangguan
1	None	Tidak ada pengaruh.

2. Occurrence

Occurrence merupakan rating yang mengacu pada beberapa frekuensi terjadinya cacat atau kegagalan. Nilai frekuensi kegagalan menunjukkan adanya keseringan suatu masalah yang terjadi akibat *potential cause*.

Tabel 2. Skala *Occurrence*

Rating	Probability of Occurrence	Probabilitas kegagalan
10	<i>Very High</i> (VH): kegagalan hampir tidak bisa dihindari	>1 dalam 2
9	<i>High</i> (H): kegagalan berulang	1 dalam 3
8		1 dalam 8
7		1 dalam 20
6	<i>Moderate</i> (M): sesekali	1 dalam 80
5		1 dalam 400
4	kegagalan	1 dalam 2000
3	<i>Low</i> (L): <i>relative</i> sedikit	1 dalam 15000
2		1 dalam 150000
1	kegagalan	< 1 dalam

3. Detection

Detection adalah sebuah kontrol proses yang akan mendeteksi secara spesifik akar penyebab dari kegagalan. *Detection* adalah sebuah pengukuran untuk mengendalikan kegagalan yang dapat terjadi.

Tabel 3. Skala *Detection*

Rating	Detection	Kemungkinan Deteksi oleh Alat Pengontrol
10	<i>Absolute Uncertainty</i>	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya. Sangat kecil kemampuan alat pengontrol
9	<i>Very Remote</i>	mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.

8	<i>Remote</i>	Kecil kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya. Sangat rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
7	<i>Very Low</i>	Rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
6	<i>Low</i>	Sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
5	<i>Moderate</i>	Sangat sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
4	<i>Moderately High</i>	Tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
3	<i>High</i>	Sangat tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
2	<i>Very High</i>	Hampir pasti kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
1	<i>Almost Certain</i>	Sangat tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.

Analisis Fishbone

Fishbone merupakan suatu teknik grafis dan alat untuk menganalisis dan menemukan secara signifikan faktor-faktor peristiwa yang mempengaruhi suatu kejadian dalam bentuk diagram[15]. Tujuan dari penggunaan diagram fishbone adalah untuk mencari faktor risiko yang mempengaruhi sebuah proses produksi yang dijalankan oleh perusahaan[16]. Cara untuk mengidentifikasi dan menganalisis masalah dalam penelitian biasanya menggunakan berbagai macam alat untuk membantu pengolahan data menjadi lebih mudah dipahami oleh pembaca, salah satunya

adalah diagram sebab akibat atau sering dikenal dengan fishbone diagram. Diagram fishbone termasuk dalam *seven basic quality tools* yang sering digunakan oleh peneliti dalam pengolahan serta analisis datanya. Diagram ini dapat mengidentifikasi sebab akibat dalam banyak permasalahan Diagram fishbone termasuk dalam yang sering digunakan oleh peneliti dalam pengolahan serta analisis datanya[17]. Penyebab permasalahan yang digunakan sebagai identifikasi sebab akibat pada risiko adalah bahan baku (*materials*), mesin dan peralatan (*machines and equipment*), sumber daya manusia (*man power*), metode (*methods*), lingkungan (*environment*) dan pengukuran (*measurement*)[18]. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pembuatan diagram *fishbone* secara besar adalah pengumpulan data, menggambarkan bagan faktor penyebab, identifikasi akar masalah, dan melakukan rekomendasi perbaikan serta implementasi[19].

3. Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Risiko Mesin Ripple Mill

Identifikasi risiko ditentukan dari hasil wawancara bersama Supervisor *maintanance* dan hasil pengamatan lapangan maka, didapatkan risk event yang mempengaruhi proses produksi. Dibawah ini merupakan hasil risk event pada mesin *ripple mill*.

Tabel 4. Risk Event pada mesin *ripple mill*

No	Resiko
1	Jatuh Besi Kedalam <i>Ripple Mill</i>
2	Rotor Bar 19 X 390 Patah
3	Kausan Fan Bel
4	Rotor Bar 19 X 390 Terkikis
5	Masuknya Serat Fiber Kedalam <i>Ripple Mill</i>
6	Kerusakan Motor Listrik
7	Masuknya Jangkos Dalam Mesin <i>Ripple Mill</i>
8	Komponen Bearing Mesin <i>Ripple Mill</i> Pecah

Berdasarkan hasil identifikasi yang dilakukan, didapatkan 8 jenis risiko kerusakan pada mesin *ripple mill*.

Perhitungan prioritas resiko

Perhitungan risiko dilakukan untuk mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar dari sebuah risiko. Maka sebelum mencari RPN terlebih dahulu menentukan nilai severity, occurrence dan detection. Berikut adalah hasil perhitungan RPN berdasarkan data yang telah ditentukan bersama Supervisor *Maintance*.

Tabel 5. Hasil perhitungan RPN Metode FMEA

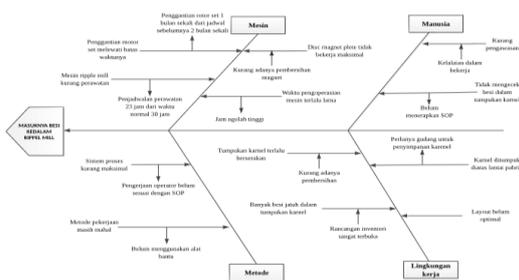
No	Resiko	S	O	D	RPN
1	Jatuh Besi Kedalam <i>Ripple Mill</i>	9	8	7	504

2	Rotor Bar 19 X 390 Patah	8	7	6	336
3	Kausan Fan Bel	5	4	5	100
4	Rotor Bar 19 X 390 Terkikis	8	8	6	384
5	Masuknya Serat Fiber Kedalam Ripple Mill	9	4	7	252
6	Kerusakan Motor Listrik	9	5	4	180
7	Masuknya Jangkos Dalam Mesin Ripple Mill	6	4	6	144
8	Komponen Bearing Mesin Ripple Mill Pecah	7	3	7	147

Sesudah mendapatkan nilai severity, occurrence, dan detection pada resiko mesin ripple mill berikutnya melakukan perhitungan RPN (Risk Priority Number) dengan memakai metode FMEA. Maka didapatkan nilai tertinggi pada resiko kerusakan mesin diakibatkan oleh jatuhnya besi kedalam mesin ripple mill adalah 504 RPN.

Pencarian Akar Masalah Masuknya Besi Kedalam Mesin Ripple Mill

Masuknya besi kedalam mesin ripple mill dapat mengakibatkan kerusakan yang berujung kefatalan bagi mesin ripple mill dan menghambat proses produksi di stasiun karnel. Sesudah menentukan resiko kerusakan mesin ripple mill yang memiliki hubungan terbesar, selanjutnya akan dilakukan mencari akar masalah yang menggunakan metode fishbone. Berikut hasil pencarian akar masalah di bawah ini:



Gambar 2. Analisis Fishbone masuknya besi kedalam mesin ripple mill

Hasil yang di dapatkan dari analisis Fishbone pada risiko masuknya besi kedaalam mesin ripple mill maka diketahui ada beberpa faktor akar permasalahan penyebab masuknya besi kedalam mesin ripple mill yaitu faktor mesin, manusia, metode dan lingkungan kerja. Adapun alternatif perbaikan terhadap akar permasalahan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Alternatif Perbaikan Terhadap Akar Permasalahan

No	Faktor	Permasalahan	Perbaikan
1	Mesin	Disc magnet plate tidak bekerja maksimal	Perlunya pembersihan komponen disc magnet plate pada mesin secara berkala
		Waktu pengoperasian mesin terlalu lama	Mengurangi pemakaian mesin yang terlalu lama
		Penggantian motor set mesin melewati batas waktu	Menjadwalkan maintenance mesin secara efektif
2	Manusia	Mesin ripple mill kurang perawatan	Perlu adanya evaluasi kesehatan dan pelaksanaan bagi operator
		Kurang pengawasan	Melaksanakan pengembangan dan pelatihan bagi operator mesin
		Pengerjaan belum menerapkan SOP	Keterbukaan komunikasi dan informasi bagi operator dan atasan
3	Metode	Tidak melakukan pengecekan dengan teliti pada mesin	Memperbaiki sistem kerja pelaksanaan produksi yang lebih efisien
		Sistem proses kurang maksimal	Perluanya alat bantu material handling
		Metode pekerjaan masih manual	Perlu adanya inventory untuk tumpukan karnel
4	Lingkungan kerja	Tumpukan karnel terlalu berserakan	Pengawasan terhadap proses kerja dilingkungan mesin ripple mill
		Banyaknya besi jatuh dalam tumpukan karnel	Pembuatan layout lantai

produksi yang lebih efisien dan stabil

Kesimpulan

Risiko kegagalan pada mesin ripple mill didapatkan 8 risiko yang terjadi berdasarkan hasil risk event. Risiko prioritas berdasarkan analisis metode FMEA adalah Jatuh besi kedalam ripple mill dikarenakan nilai RPN yang dihasilkan sebesar 504. Analisis sebab akibat menggunakan metode fishbone pada factor mesin ripple mill adalah discs magnet plete tidak bekerja maksimal, waktu pengoprasian mesin ripple mill terlalu lama, mesin ripple mill kurang perawatan, penggantian rotor set melewati batas waktunya. PT Ujong Neubok Dalam sebaiknya melakukan perawatan melalui penjadwalan yang baik dan benar dengan memperhatikan kerusakan pada mesin atau downtime yang memiliki nilai resiko tertinggi bedasarkan hasil temuan pada penulisan ini. Faktor faktor yang menyebabkan mesin tersebut terjadi downtime sebaiknya diperhatikan seperti pengantian rotor bar yang tepat pada waktu, metode pelaksana yng baik dan sesuai SOP serta menciptakan lingkungan kerja yang representatif.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan Universitas Teuku Umar dan PT Ujong Neubok Dalam yang telah memberikan wawasan dan keahlian untuk membantu menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] S. Hidayat *et al.*, "Pengaruh Gaya Kepemimpinan, Kerjasama Tim Dan Kompensasi Terhadap Kinerja Karyawan Melalui Kepuasan Kerja Pada Pt. Dunia Barusa Banda Aceh."
- [2] M. Rizki, A. Wenda, ... F. P.-2021 I., and undefined 2021, "Comparison of Four Time Series Forecasting Methods for Coal Material Supplies: Case Study of a Power Plant in Indonesia," *ieeexplore.ieee.org*, Accessed: Jun. 05, 2022. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9493522/>.
- [3] S. Nandiroh, R. T. Hartanto, and H. Munawir, "Perencanaan Pemeliharaan Mesin Pompa Gilingan Saus Dengan Metode Markov Chain Untuk Minimasi Biaya Pemeliharaan (Studi Kasus : PT. Lombok Gandaria, Unit Maintenance)," 2014.
- [4] A. Wicaksono and F. Yuamita, "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Untuk Meminimumkan Cacat Kaleng Di PT. Maya Food Industries," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, pp. 1–6, 2022, doi: <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i1.6>.
- [5] D. Diniaty and R. Susanto, "Analisis Total Produktive Maintenance (TPM) Pada Stasiun Kernel Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Di Pt. Surya Agrolika Reksa," 2017.
- [6] I. Hasan, L. Hakim, and Denur, "Penerapan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Mesin Ripple Mill," *Desember*, vol. 6, no. 1, pp. 43–48.
- [7] M. I. Pasaribu, A. A. Ritonga, A. Irwan, P. Studi, and T. Mesin, "Analisis Perawatan (Maintenance) Mesin Screw Press Di Pabrik Kelapa Sawit Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di PT. XYZ," *JITEKH*, vol. 9, no. 2, pp. 104–110, 2021.
- [8] S. Adi and F. Yuamita, "Analisis Ergonomi Dalam Penggunaan Mesin Penggilingan Pupuk Menggunakan Metode Quick Exposure Checklist Pada PT. Putra Manunggal Sakti," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, pp. 22–34, 2022, doi: <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i1.7>.
- [9] Awang Surya, Alvian A, and Izar Mahmud, "Analisis Resiko Kecelakaan Pekerjaan Install Panel System Pada Proyek Transmart Malang," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 73–79, Jul. 2021, doi: 10.37373/tekno.v8i2.108.
- [10] R. I. Yaqin, Z. Z. Zamri, J. P. Siahaan, Y. E. Priharanto, M. S. Alirejo, and M. L. Umar, "Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 9, no. 3, pp. 189–200, Oct. 2020, doi: 10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200.
- [11] A. Anastasya and F. Yuamita, "Pengendalian Kualitas Pada Produksi Air Minum Dalam Kemasan Botol 330 ml Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) di PDAM Tirta Sembada," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, pp. 15–21, 2022, doi: <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i1.4>.
- [12] D. A. Kifta and T. Munzir, "Analisis Defect Rate Pengelasan Dan Penanggulangannya Dengan Metode Six Sigma Dan Fmea Di

- PT. Profab Indonesia Defect Rate Analysis Of Welding And Its Control Using Six Sigma And FMEA Methods In PT. Profab Indonesia,” *DIMENSI*, vol. 7, no. 1, pp. 162–174, 2018.
- [13] D. Kartika, R. Kuncoro, P. Ayu, N. Pratiwi, and Y. Sukmono, “Pengendalian Risiko Proses Produksi Crude Palm Oil Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA),” *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 1, pp. 01–06, 2018.
- [14] Y. M. Wang, K. S. Chin, G. K. K. Poon, and J. B. Yang, “Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 2 PART 1, pp. 1195–1207, 2009, doi: 10.1016/j.eswa.2007.11.028.
- [15] S. Satya, “The Application of Fishbone Diagram The Application of Fishbone Diagram Analisis to Improve School Quality,” *59 Din. ILMU*, vol. 16, no. 1, 2016.
- [16] J. Keilmuan, M. Pendidikan, M. A. Adha, A. Supriyanto, and A. Timan, “Strategi Peningkatan Mutu Lulusan Madrasah Menggunakan Diagram Fishbone,” vol. 5, no. 01, pp. 11–22, 2019.
- [17] Y. Hisprastin and I. Musfiroh, “Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri,” *Maj. Farmasetika*, vol. 6, no. 1, p. 1, Oct. 2020, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i1.27106.
- [18] P. D. Studi *et al.*, “Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode RCA (Fishbone Diagram Method And 5-Why Analysis) di PT. PAL Indonesia.”
- [19] F. Hamidy, “Pendekatan Analisis Fishbone Untuk Mengukur Kinerja Proses Bisnis Informasi E-Koperasi,” 2016.